



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication : **0 532 470 A1**

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt : **92810692.1**

(51) Int. Cl.⁵ : **G02B 6/30, G02B 6/42**

(22) Date de dépôt : **10.09.92**

(30) Priorité : **10.09.91 CH 2654/91**

(43) Date de publication de la demande :
17.03.93 Bulletin 93/11

(84) Etats contractants désignés :
AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI NL SE

(71) Demandeur : **CENTRE SUISSE
D'ELECTRONIQUE ET DE MICROTECHNIQUE
S.A.
Maladière 71
CH-2007 Neuchâtel (CH)**

(72) Inventeur : **Parriaux, Olivier
Cité-Derrière 3
CH-1005 Lausanne (CH)
Inventeur : Bergqvist, Johan Wilhelm
Pierre-à-Sisier 1
CH-2014 Bôle (CH)**

(74) Mandataire : **Brulliard, Joel
c/o Centre Suisse d'Electronique et de
Microtechnique S.A. Maladière 71
CH-2007 Neuchâtel (CH)**

(54) **Procédé pour coupler une fibre optique avec un guide d'onde optique intégré et dispositif micromécanique de couplage obtenu.**

(57) L'invention porte également sur un dispositif micromécanique de couplage d'au moins une fibre optique 8 avec un guide d'onde optique intégré 6, le guide d'onde optique étant intégré dans un premier substrat 2 et la fibre optique étant disposée sur un second substrat 3 dans un sillon 7 en forme de "V" parallèle à l'axe longitudinal X-X du second substrat. Le premier substrat comprend des premiers moyens de positionnement 4 de type mâle, lesquels comportent au moins une face perpendiculaire au plan du premier substrat, et le second substrat comprend des seconds moyens de positionnement 5 de type femelle, les premiers moyens de positionnement étant disposés face aux seconds moyens de positionnement.

Conformément à l'invention, le second substrat 3 est découpé dans un monocristal de silicium de telle manière que les indices de Miller du plan cristallin défini par la surface 3a, ci-après appelée plan de contact, de ce second substrat sont (100). De plus, chacun des seconds moyens de positionnement 5 de type femelle consiste en au moins une mortaise dont au moins une surface d'appui 5a est perpendiculaire au plan de contact 3a du second substrat 3 et fait un angle de $\pm 45^\circ$ avec l'axe longitudinal X-X du second substrat. De plus, les indices de Miller du plan cristallin défini par la surface d'appui 5a des seconds moyens de positionnement sont (010).

Compte tenu de ce qui précède, il est clair que les réalisations de l'élément "tenon-mortaise" ne se limitent pas à celles présentées ci-dessus. D'une manière générale, les moyens de positionnement consistent en au moins un tenon, par exemple en forme de

demi-cylindre, comportant au moins une surface d'appui plane ou bombée, combiné à une mortaise comportant au moins une surface d'appui plane ou bombée.

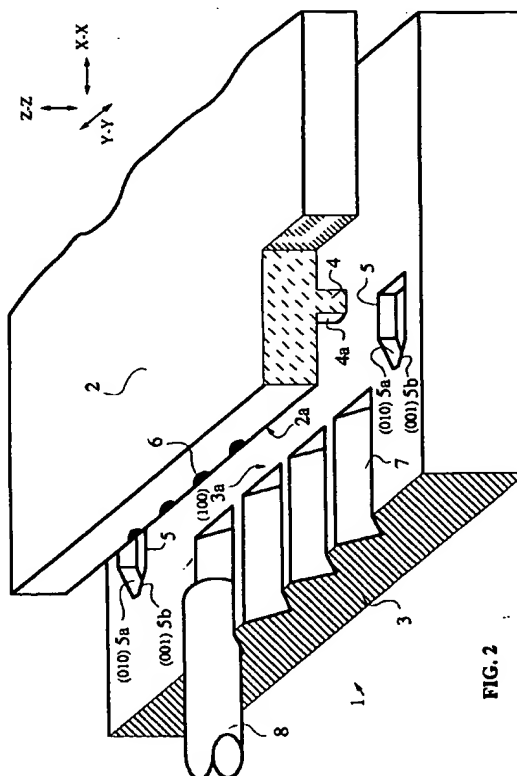


FIG. 2

La présente invention se rapporte aux procédés et aux moyens de couplage mécaniques de guides de lumière avec des éléments opto-électroniques en général et concernent, plus particulièrement, un procédé pour coupler une ou plusieurs fibre optique avec un guide d'onde optique intégré et le dispositif micromécanique de couplage obtenu.

Le brevet US 4,756,591 de K. Fischer et al. décrit un dispositif de couplage d'une fibre optique à un composant optoélectronique comportant un guide d'onde optique. L'alignement entre la fibre optique et le composant optoélectronique s'effectue par l'intermédiaire d'un support de fibres. Ledit support de fibres est en silicium et comporte un sillon en forme de "V".

L'alignement du cœur de la fibre optique avec le guide d'onde nécessite des sillons en forme de "V" d'une profondeur importante de l'ordre de 100 μm et donc une orientation des axes du monocristal de silicium à 0,1° près pour obtenir une reproductibilité de ladite profondeur avec une précision de quelques dixièmes de micron.

La précision dudit alignement est fonction de l'orientation prise par la fibre optique lors de son montage dans le sillon en forme de "V". L'orientation, pour être efficace, nécessite l'emploi d'un sillon de longueur importante. De plus, le positionnement du composant optoélectronique vis-à-vis du support impose aux surfaces en contact une planéité d'une grande précision.

Edmond J. Murphy fait une revue, dans la publication "Fiber Attachment For Guided Wave Devices", Journal of Lightwave Technology, Vol. 6, No. 6, June 1988, pages 862 à 871, de l'état de la technique dans le domaine des méthodes et des dispositifs d'alignement de fibres optiques avec des guides d'ondes optiques intégrés. Ce document décrit, à la page 867 et à la figure 9, une méthode et un dispositif micromécanique de couplage de fibres optiques avec des guides d'ondes optiques intégrés dans un composant optique. Le composant optique intégré est en verre ou en LiNbO_3 et comprend au moins un guide d'onde optique intégré et des premiers moyens de positionnement de type mâle. Ces premiers moyens de positionnement comportent au moins une face perpendiculaire au plan du composant optique intégré. Le substrat est en silicium et comprend au moins un sillon en forme de "V", dans lequel est maintenue une fibre optique. Le substrat comprend également des seconds moyens de positionnement de type femelle. Les premiers et les seconds moyens de positionnement sont tels qu'ils s'emboîtent les uns dans les autres.

Les six degrés de liberté dont est doté tout corps se déplaçant dans l'espace sont en général définis comme constitués de trois mouvements linéaires le long de trois axes orthogonaux X-X, Y-Y et Z-Z appelés communément mouvements longitudinal (axe X-

X), latéral (axe Y-Y) et vertical (axe Z-Z), et de trois mouvements de rotation respectivement autour de ces axes appelés communément mouvements de roulis (axe X-X), de tangage (axe Y-Y) et de lacet (axe Z-Z).

Le procédé de l'art antérieur permet un couplage automatique et un alignement supprimant quatre degrés de liberté auxdits substrats sur un total de six.

Conformément au procédé de l'art antérieur, le couplage d'une fibre optique avec un guide d'onde optique intégré est obtenu en disposant les moyens de positionnement de type mâle, de section longitudinale rectangulaire, à l'intérieur des moyens de positionnement de type femelle en forme de "V" gravés dans le substrat de silicium. Puis, les deux substrats sont pressés l'un contre l'autre et glissés dans le plan de contact jusqu'à ce que les arêtes des moyens de positionnement de type mâle viennent en butée contre les flancs des moyens de positionnement de type femelle en forme de "V".

La publication de E.-J. Murphy, citée ci-dessus, montre comment positionner un composant optique selon une direction transverse et par rapport à un deuxième substrat. Le positionnement longitudinal du premier substrat est obtenu grâce à un troisième substrat fixé au deuxième substrat et venant en butée contre la face latérale de ce premier substrat.

Les inconvénients de ce procédé pour coupler une fibre optique avec un guide d'onde optique intégré et du dispositif obtenu sont cités ci-après.

Les moyens de positionnement de type mâle ont une très faible épaisseur, de l'ordre de 2 microns, car réalisés par attaque sèche d'une couche mince déposée sur le substrat du composant optique intégrée. Afin qu'ils puissent jouer leur rôle de butée mécanique, il est nécessaire de presser fortement les deux surfaces en contact, ce qui augmente la force nécessaire au glissement des deux substrats pour arriver en butée.

De plus, la faible largeur des moyens de positionnement de type mâle fait que le contact avec les flancs du "V" se fera à la base de celui-ci, c'est-à-dire là où il est mécaniquement le moins bien défini.

Les surfaces d'appui conjuguées des moyens de positionnement selon l'art antérieur sont données par l'intersection entre les arêtes des moyens de positionnement de type mâle et les flancs respectifs des moyens de positionnement de type femelle. Une telle structure d'une butée mécanique n'est pas judicieuse d'un point de vue mécanique car les arêtes peuvent se briser ou se déformer dans le cas d'un métal. De plus, la précision du positionnement relatif dépendra de l'épaisseur des moyens de positionnement de type mâle et de leur forme, caractéristiques pouvant ne pas être facilement reproductibles.

Le dispositif de l'art antérieur nécessite l'utilisation d'un troisième substrat dont la face latérale en butée avec la face latérale du premier substrat (l

composant ptiqu) définit la position l ngitudinale de ce premier substrat ainsi qu sa position angulaire. Ces d ux positions sont donc tributaires de la position longitudinal t angulaire du troisièm substrat sur le deuxième substrat.

Aussi un but de la présente invention est-il un procédé pour coupler au moins une fibre optique avec un guide d'onde optique intégré et un dispositif micromécanique de couplage ne présentant pas les inconvénients des procédés et des dispositifs de l'art antérieur.

Un autre but de l'invention est d'imposer au substrat comportant les guides d'ondes optiques intégrés, le substrat sur lequel sont fixés les fibres optiques étant pris comme référence, une position latérale et verticale unique, et de supprimer tout mouvement de roulis, de tangage et de lacet de ce même substrat vis-à-vis de l'autre.

Les caractéristiques de l'invention sont définies dans les revendications.

Un avantage du procédé pour coupler une fibre optique avec un guide d'onde optique intégré et du dispositif micromécanique de couplage obtenu par le procédé de l'invention est que les moyens de positionnement de type mâle peuvent avoir une épaisseur importante, de l'ordre de 30 à 100 μm . Par conséquent, il n'est pas nécessaire de presser très fortement les deux substrats pour que le rôle de butée mécanique soit joué par les moyens de positionnement de type mâle et femelle. Le glissement entre plans de contact peut ainsi être exécuté sans frottement important.

D'autres avantages de l'invention, du fait que les moyens de positionnement de type femelle ont des faces perpendiculaires au substrat, sont que:

- les surfaces d'appui conjuguées de la butée mécanique sont du type plan sur plan, les conditions d'appui mécanique sont alors meilleures, et
- la précision du positionnement relatif ne dépend pas de l'épaisseur des moyens de positionnement de type mâle, ni de la qualité de leurs arêtes.

D'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante, description faite à titre purement illustratif et en relation avec les dessins joints dans lesquels:

La fig. 1 montre un dispositif micromécanique de couplage de l'art antérieur cité ci-dessus.

La fig. 2 montre le dispositif micromécanique de couplage obtenu par le procédé de l'invention.

Les figures 3.a à 3.c montrent différents modes de réalisation de l'élément essentiel de l'invention que constitue la structure du type "tenon-mortaise".

La présent invention concerne en particuli r un procédé pour coupler au m ins un fibr ptique 8 avec un guide d'onde optiqu intégré 6. Le procédé consist à intégrer le guid d'ond optiqu dans un

premier substrat 2, à réaliser dans un second substrat 3 au moins un sillon 7 n forme de "V" parallèle à l'axe longitudinal X-X du second substrat, à réaliser sur l premi r substrat 2 des premiers moyens d positi nement 4 et à réaliser dans le second substrat 3 des seconds moyens de positionnement 5.

Le premier substrat est en verre ou en LiNbO_3 , ou en tout autre matériau, et comprend des premiers moyens de positionnement 4 de type mâle. Ces premiers moyens de positionnement comportent au moins une face, ci-après appelée surface d'appui 4a, perpendiculaire au plan dudit premier substrat. Le second substrat est découpé dans un monocristal de silicium et comprend des seconds moyens de positionnement 5 de type femelle.

Selon le procédé de l'invention, le second substrat 3 est découpé dans un monocristal de silicium de telle manière que les indices de Miller du plan cristallin défini par la surface 3a, ci-après appelée plan de contact, de ce second substrat sont (100). De plus, chaque second moyen de positionnement 5 de type femelle consiste en au moins une mortaise dont au moins une face, ci-après appelée surface d'appui 5a, est perpendiculaire au plan du second substrat et fait, de préférence, un angle de $\pm 45^\circ$ avec l'axe longitudinal X-X de ce second substrat. De plus, les indices de Miller du plan cristallin défini par la surface d'appui 5a des seconds moyens de positionnement sont (010).

Dans le cas où les seconds moyens de positionnement 5 de type femelle comporteraient une seconde surface d'appui 5b également perpendiculaire au plan du second substrat, les indices de Miller du plan cristallin défini par cette seconde surface d'appui des seconds moyens de positionnement sont (001), de manière que ces deux surfaces d'appui soient orthogonales entre elles.

De façon moins spécifique que ce qui vient d'être défini ci-dessus, les indices de Miller de la famille de plans cristallins des surfaces d'appui des seconds moyens de positionnement sont {100}.

Toujours selon le procédé de l'invention, chaque premier moyen de positionnement 4 de type mâle consiste en au moins un tenon dont au moins une surface d'appui 4a perpendiculaire au plan du premier substrat est parallèle à l'une des surfaces d'appui des seconds moyens de positionnement, laquelle surface est perpendiculaire au plan dudit second substrat.

Le premier substrat 2 et le second substrat 3 sont disposés l'un sur l'autre, de manière que leurs plans de contact 2a, 3a respectifs soient en contact l'un avec l'autre.

Les premier et second moyens de positionnement sont destinés à être engagés les uns dans les autres. Les moyens de positionnement de type femelle ont, avantageusement, des surfaces d'appui dont la profondeur est supérieure à l'épaisseur des moyens de positionnement de type mâle.

Selon l'invention, les premiers moyens de positionnement du type mâle, à savoir: un ou, de préférence, deux tenons, sont réalisés à l'aide d'une technique de croissance d'une couche métallique sur le premier substrat 2.

Un premier procédé de fabrication (cf. I. Milosevic et al. "Polyimide Enables High Lead Count TAB", Semiconductor International, October 1988, Cahners Publishing Company) du ou des tenons comporte principalement les étapes suivantes:

- dépôt sur le plan de contact 2a du premier substrat d'un film de résine polyimide photosensible négative d'environ 20 µm d'épaisseur ou plus;
- illumination du film de résine photosensible par projection à travers un masque approprié et à l'aide d'un "stepper";
- développement de la résine;
- dissolution de la résine située à l'emplacement du ou des tenons;
- évaporation d'un film métallique sur ledit emplacement;
- croissance galvanique d'une couche métallique sur ledit film métallique; et
- dissolution de la résine restante.

Conformément au procédé de l'invention, ces étapes s'effectuent sur le plan de contact 2a du premier substrat.

Ladite croissance s'effectue sur ledit premier substrat de telle manière que le ou les tenons ainsi réalisés à la surface du premier substrat s'emboîtent dans la ou l'une des mortaises. La croissance de la couche métallique pour former le tenon est réalisée sur une épaisseur de l'ordre de 20 µm ou plus.

Un autre procédé de fabrication du ou des tenons est décrit, par exemple, dans la publication "Accuracy limits and potential applications of the LIGA technique in integrated optics", D. Münchmeyer et al., SPIE Volume 803, 2-3 April 1987, The Hague.

Les seconds moyens de positionnement 5 de type femelle, à savoir: une ou, de préférence, deux mortaises, ainsi que les sillons en forme de "V", sont réalisées à l'aide d'une technique d'attaque planaire sur le second substrat 3, lequel est, par exemple, découpé dans un monocristal de silicium.

La ou les mortaises, ainsi que les sillons en forme de "V", réalisées dans le second substrat sont obtenues à partir, par exemple, de l'un des procédés décrits dans la demande de brevet français No 82 02971.

Selon l'un de ces procédés, un masque d'attaque chimique est réalisé sur le second substrat, à l'aide des étapes suivantes:

- on dépose une couche de résine photosensible sur la surface devant recevoir un masque d'attaque chimique;
- on réalise sur la couche de résine photosensible un photomasque ayant un schéma prédéterminé avec une partie transparente à la lumière et une

partie opaque à la lumière;

- on expose le photomasque à la lumière pour développer le schéma;

- on enlève la partie transparente du photomasque et la couche de résine photosensible correspondante.

Les mortaises et les sillons en forme de "V" sont obtenues par attaque chimique du substrat découvert.

Conformément au procédé de l'invention, le masque d'attaque chimique est réalisé sur le plan de contact 3a du second substrat de telle manière que la ou les mortaises ainsi réalisées s'imbriquent dans le ou les tenons respectifs. De plus, la ou les surfaces d'appui 5a de la ou des mortaises font, de préférence, un angle de $\pm 45^\circ$ par rapport à l'axe longitudinal X-X du second substrat. L'attaque chimique pour former la ou les mortaises est effectuée sur une épaisseur de l'ordre de 20 µm ou plus.

Selon un deuxième procédé de fabrication décrit dans la demande de brevet français cité ci-dessus:

- on polit le plan de contact 3a du second substrat;

- on forme une couche de silice SiO_2 sur la surface polie;

- on réalise une couche de résine photosensible sur la couche de silice SiO_2 ou Si_3N_4 ;

- on réalise un masque d'attaque chimique ayant un schéma prédéterminé sur la couche de résine photosensible;

- on expose le masque d'attaque chimique à la lumière et on enlève la partie exposée;

- on enlève la partie de la couche de silice correspondant à la partie exposée du masque d'attaque chimique;

- on soumet le substrat avec le schéma à une attaque chimique pour former au moins une mortaise, ainsi que des sillons en forme de "V".

Conformément au procédé de l'invention, la surface polie sur laquelle est réalisé le masque d'attaque chimique est le plan de contact 3a du second substrat de manière que la ou les mortaises ainsi réalisées soient susceptibles de s'imbriquer dans les tenons respectifs. De plus, la ou les surfaces d'appui 5a de la ou des mortaises font un angle de $\pm 45^\circ$ par rapport à l'axe longitudinal X-X du second substrat. L'attaque chimique pour former lesdites mortaises est réalisée sur une épaisseur de l'ordre de 20 µm ou plus.

Il ressort du procédé de l'invention que l'axe de symétrie de chaque tenon, et par suite la position du substrat, est défini de façon unique dans le plan du premier substrat. En effet, bien que les procédés de réalisation des tenons ne permettent pas d'obtenir des tenons de dimensions strictement pré-établies, la position des axes de symétrie des tenons reste quant à elle parfaitement défini.

Il ressort également du procédé de l'invention que la position du plan de symétrie vertical des mortaises est également définie de façon unique par rap-

port à l'axe latéral Y-Y.

Une imprécision de la position des surfaces d'appui des mortaises selon l'axe longitudinal X-X est due au fait que l'attaque chimique dans la direction longitudinale X-X n'est pas autolimitée puisque dépendante de paramètres telles la durée de l'attaque chimique et la concentration des bains chimiques. Toutefois, du fait que cette dépendance est parfaitement connue par l'homme du métier, les procédés de réalisation des mortaises permettent d'obtenir des surfaces d'appui 5a dont la position selon l'axe longitudinal X-X peut être strictement pré-établie.

Il résulte de ce qui précède que l'axe de symétrie des premiers moyens de positionnement est, après positionnement du premier substrat sur le second, dans le plan de symétrie vertical des seconds moyens de positionnement.

La figure 1 montre le dispositif micromécanique de couplage de fibres optiques avec des guides d'ondes optiques intégrés dans un composant optique. Ce dispositif de l'art antérieur est décrit par E.-J. Murphy et est cité dans le préambule de la description.

Le dispositif micromécanique de positionnement obtenu par le procédé de l'invention est représenté à la figure 2.

L'ensemble des trois axes orthogonaux X-X, Y-Y, Z-Z est symbolisé par des flèches sur les figures 2 et 3.

L'invention porte également sur un dispositif micromécanique de couplage d'au moins une fibre optique 8 avec un guide d'onde optique intégré 6, le guide d'onde optique étant intégré dans un premier substrat 2 et la fibre optique étant disposée sur un second substrat 3 dans un sillon 7 en forme de "V" parallèle à l'axe longitudinal X-X du second substrat. Le premier substrat comprend des premiers moyens de positionnement 4 de type mâle, lesquels comportent au moins une face perpendiculaire au plan du premier substrat, et le second substrat comprend des seconds moyens de positionnement 5 de type femelle, les premiers moyens de positionnement étant disposés face aux seconds moyens de positionnement.

Conformément à l'invention, le second substrat 3 est découpé dans un monocristal de silicium de telle manière que les indices de Miller du plan cristallin défini par la surface 3a, ci-après appelée plan de contact, de ce second substrat sont (100). De plus, chacun des seconds moyens de positionnement 5 de type femelle consiste en au moins une mortaise dont au moins une surface d'appui 5a est perpendiculaire au plan de contact 3a du second substrat 3 et fait un angle de $\pm 45^\circ$ avec l'axe longitudinal X-X du second substrat. De plus, les indices de Miller du plan cristallin défini par la surface d'appui 5a des seconds moyens de positionnement sont (010).

Dans le cas où les seconds moyens de positionnement 5 de type femelle comporteraient une seconde surface d'appui 5b également perpendiculaire au

plan du second substrat, les indices de Miller du plan cristallin définis par cette seconde surface d'appui des seconds moyens de positionnement sont (001), de manière que ces deux surfaces d'appui soient orthogonales entre elles.

De façon moins spécifique que ce qui vient d'être défini ci-dessus, les indices de Miller de la famille de plans cristallins des surfaces d'appui des seconds moyens de positionnement sont {100}.

Toujours selon l'invention, chacun des premiers moyens de positionnement 4 de type mâle consiste en au moins un tenon dont au moins une surface d'appui 4a est perpendiculaire au plan de contact 2a du premier substrat 2 et est parallèle à au moins une des surfaces d'appui 5a des seconds moyens de positionnement, de manière à définir une position latérale unique de l'un des substrats, l'autre étant pris comme référence, par la formation, de préférence, d'un jeu 4a, 5a ou 4b, 5b ou de deux jeux 4a, 5a et 4b, 5b de surfaces d'appui conjuguées.

En d'autres termes, dans le dispositif micromécanique de positionnement obtenu, la position latérale (c'est-à-dire transversalement par rapport à l'axe longitudinal X-X) de l'un des substrats, l'autre substrat étant pris comme référence, est unique. Une telle position est définie par au moins un jeu de surfaces d'appui conjuguées 4a, 5a, 4b, 5b appartenant aux premier et second moyens de positionnement.

De plus, l'un des plans de contact 2a est maintenu sur le plan de contact restant 3a, de manière à définir une position verticale unique et à supprimer les mouvements de roulis, de tangage et de lacet de l'un des substrats, l'autre étant pris comme référence.

En d'autres termes, dans un tel dispositif, la position verticale (c'est-à-dire le long de l'axe vertical Z-Z) de ce même substrat, l'autre substrat étant pris comme référence, est unique. Une telle position est définie par les surfaces d'appui conjuguées, constituées des plans de contact 2a, 3a des premier et second substrats.

Enfin, la fibre optique est positionnée dans le sillon en forme de "V" de manière à faire face à un guide d'onde optique intégré.

Le dispositif micromécanique de couplage est tel que la transmission de l'énergie lumineuse entre les guides optiques soit maximale.

Les surfaces d'appui conjuguées et les plans de contact définis ci-dessus sont représentés soit à la figure 2, soit aux figures 3.a à 3.c.

Les figures 3.a à 3.c montrent différents modes de réalisation de l'élément essentiel de l'invention que constitue la structure du type "tenon-mortaise" 4,5.

Dans une première réalisation (fig. 3.a) les deux tenons 4 réalisés sur le premier substrat 2 sont triangulaires et comportent chacun deux surfaces d'appui planes 4a, 4b. Les deux mortaises 5 obtenues dans le second substrat 3 ont une base, par exemple rec-

tangulaire ou carrée, prolongé par un triangle isocèle dont les deux côtés égaux constituent, pour chaque mortaise, deux surfaces d'appui planes 5a, 5b. Après positionnement du premier substrat sur le second substrat, ou encore lorsque les plans de contact 2a, 3a des substrats respectifs sont maintenus dans un même plan, les surfaces d'appui conjuguées 4a, 5a; 4b, 5b définissent deux jeux de surfaces d'appui conjuguées.

Dans une deuxième réalisation (fig. 3.b) les deux tenons 4 réalisés sur le premier substrat 2 sont cylindriques et comportent chacun deux surfaces d'appui bombées 4a, 4b. Les deux mortaises 5 obtenues dans le second substrat 3 sont identiques à celles décrites précédemment. Après positionnement du premier substrat sur le second substrat, les surfaces d'appui conjuguées sont en contact entre elles et définissent également deux jeux de surfaces d'appui conjuguées 4a, 5a et 4b, 5b. Dans le cas présent, les surfaces d'appui conjuguées se limitent en fait à des génératrices perpendiculaires au plan de contact des substrats.

Dans chacune des réalisations précédentes, le nombre de jeux de surfaces d'appui conjuguées 4a, 5a; 4b, 5b, est fonction, d'une part, du nombre d'éléments du type "tenon-mortaise" réalisés et, d'autre part, de la forme des tenons et des mortaises constituant ces éléments. Le positionnement entre substrats est optimal lorsqu'il n'existe qu'un seul jeu de surfaces d'appui conjuguées, lesdites surfaces étant séparées les unes des autres transversalement par rapport à l'axe longitudinal X-X des substrats. La figure 3.c montre une troisième réalisation de l'élément "tenon-mortaise" comportant un seul jeu de surfaces d'appui conjuguées, séparées les unes des autres transversalement par rapport à l'axe longitudinal X-X.

Compte tenu de ce qui précède, il est clair que les réalisations de l'élément "tenon-mortaise" ne se limitent pas à celles présentées ci-dessus. De manière générale, les moyens de positionnement consistent en au moins un tenon, par exemple en forme de demi-cylindre, comportant au moins une surface d'appui plane ou bombée, combiné à une mortaise comportant au moins une surface d'appui plane ou bombée.

Les surfaces d'appui des seconds moyens de positionnement sont séparées les unes des autres transversalement et/ou longitudinalement par rapport à l'axe longitudinal X-X et/ou transversal Y-Y, respectivement.

Bien que la présente invention ait été décrite dans le cadre d'exemples de réalisation particuliers, il est clair, cependant qu'elle est susceptible de modifications ou de variantes sans sortir de son domaine.

En particulier, le second substrat peut encore être découpé dans un monocristal de silicium de telle manière que les indices de Miller du plan cristallin défini par le plan de contact du second substrat sont,

par exemple, (110).

Les indices de Miller des plans cristallins définis par les surfaces d'appui des seconds moyens de positionnement du type femelle, peuvent encore être {111}.

Revendications

1. Procédé pour coupler au moins une fibre optique (8) avec un guide d'onde optique intégré (6), comprenant les étapes consistant à:

- intégrer ledit guide d'onde optique dans un premier substrat (2);
- réaliser, dans un second substrat (3), au moins un sillon (7) en forme de "V" parallèle à l'axe longitudinal X-X dudit second substrat;
- réaliser sur le premier substrat (2), des premiers moyens de positionnement (4) de type mâle, lesquels comportent au moins une face perpendiculaire au plan dudit premier substrat; et à
- réaliser dans le second substrat (3), des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle,

de manière que lesdits premiers moyens de positionnement soient disposés face auxdits seconds moyens de positionnement, le procédé étant caractérisé en ce que:

- les premiers (4) moyens de positionnement sont réalisés par croissance galvanique d'un matériau;
- les seconds (5) moyens de positionnement sont réalisés par des procédés photolithographiques;
- chaque second moyen de positionnement (5) de type femelle consiste en au moins une mortaise dont au moins une surface d'appui (5a, 5b) est perpendiculaire au plan de contact (3a) dudit second substrat (3) et fait un angle de $\pm 45^\circ$ avec l'axe longitudinal X-X dudit second substrat;
- chaque premier moyen de positionnement (4) de type mâle consiste en au moins un tenon dont au moins une surface d'appui (4a, 4b) est perpendiculaire au plan de contact (2a) dudit premier substrat (2) et est parallèle à au moins une desdites surfaces d'appui (5a) desdits seconds moyens de positionnement, de manière à définir une position latérale unique de l'un des substrats, l'autre étant pris comme référence, par la formation d'au moins un jeu de surfaces d'appui conjuguées (4a, 5a ou 4b, 5b);
- l'un des plans de contact (2a) est maintenu sur le plan de contact restant (3a), de manière à définir une position verticale unique et à supprimer les mouvements de roulis, de tan-

- gage t d lacet de l'un d s substrats, l'autre étant pris comme référence ; t
- ladit fibre optique est positionnée dans ledit sillon en form de "V" d manière à faire face à un guide d'onde optique intégré;
- de manière que la transmission de l'énergie lumineuse entre les guides optiques soit maximale.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel:
 - le premier substrat (2) est en verre ou en LiNbO_3 et
 - le second substrat (3) en silicium dont les indices de Miller du plan cristallin défini par le plan de contact (3a) sont (100) ou (110).
 3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel les indices de Miller de la famille de plans cristallins définis par les surfaces d'appui (5a, 5b) des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle sont {100} ou {111}.
 4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel:
 - les indices de Miller de la famille de plans cristallins définis par les surfaces d'appui (5a, 5b) des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle sont {100} et
 - les indices de Miller du plan cristallin défini par l'une (5a) des surfaces d'appui des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle sont (010), les indices de Miller du plan cristallin défini par l'autre surface d'appui (5b), si elle existe, sont (001).
 5. Dispositif micromécanique de couplage d'au moins une fibre optique (8) avec un guide d'onde optique intégré (6), ledit guide d'onde optique étant intégré dans un premier substrat (2) et ladite fibre optique étant disposée sur un second substrat (3) dans un sillon (7) en forme de "V" parallèle à l'axe longitudinal X-X dudit second substrat, ledit premier substrat comprenant des premiers moyens de positionnement (4) de type mâle, lesquels comportent au moins une face perpendiculaire au plan dudit premier substrat, et ledit second substrat comprenant des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle, lesdits premiers moyens de positionnement étant disposés face auxdits seconds moyens de positionnement, caractérisé en ce que:
 - les premiers (4) moyens de positionnement sont réalisés par croissance galvanique d'un matériau;
 - les seconds (5) moyens de positionnement sont réalisés par des procédés photolithographiques;
 - chaque second moyen d positionnement (5) de type femelle consiste n au moins une mortaise dont au moins un surface d'appui (5a, 5b) est p rpendiculaire au plan d contact (3a) dudit second substrat (3) t fait un angle de $\pm 45^\circ$ avec l'ax longitudinal X-X dudit second substrat;
 - chaque premier moyen de positionnement (4) de type mâle consiste en au moins un tenon dont au moins une surface d'appui (4a, 4b) est perpendiculaire au plan de contact (2a) dudit premier substrat (2) et est parallèle à au moins une desdites surfaces d'appui (5a) desdits seconds moyens de positionnement, de manière à définir une position latérale unique de l'un des substrats, l'autre étant pris comme référence, par la formation d'au moins un jeu de surfaces d'appui conjuguées (4a, 5a ou 4b, 5b);
 - l'un des plans de contact (2a) est maintenu sur le plan de contact restant (3a), de manière à définir une position verticale unique et à supprimer les mouvements de roulis, de tangage et de lacet de l'un des substrats, l'autre étant pris comme référence; et
 - ladite fibre optique est positionnée dans ledit sillon en forme de "V" de manière à faire face à un guide d'onde optique intégré; de manière que la transmission de l'énergie lumineuse entre les guides optiques soit maximale.
 6. Dispositif selon la revendication 5, dans lequel:
 - le premier substrat (2) est en verre ou en LiNbO_3 et
 - le second substrat (3) en silicium dont les indices de Miller du plan cristallin défini par le plan de contact (3a) sont (100) ou (110).
 7. Dispositif selon la revendication 6, dans lequel les indices de Miller de la famille de plans cristallins définis par les surfaces d'appui (5a, 5b) des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle sont {100} ou {111}.
 8. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel:
 - les indices de Miller de la famille de plans cristallins définis par les surfaces d'appui (5a, 5b) des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle sont {100} et
 - les indices de Miller du plan cristallin défini par l'une (5a) des surfaces d'appui des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle sont (010), les indices de Miller du plan cristallin défini par l'autre surface d'appui (5b), si elle existe, sont (001).
 9. Procédé ou dispositif selon l'un quelconque des r vendications 1 à 4 ou 5 à 8, dans lequel les surfaces d'appui (4a, 4b) des seconds moyens de positionnement (4) sont séparées les unes des autres transversalement et/ou longitudinalem nt

par rapport à l'ax longitudinal X-X et/ou transversal Y-Y, respectivement.

5

10

15

20

25

30

35

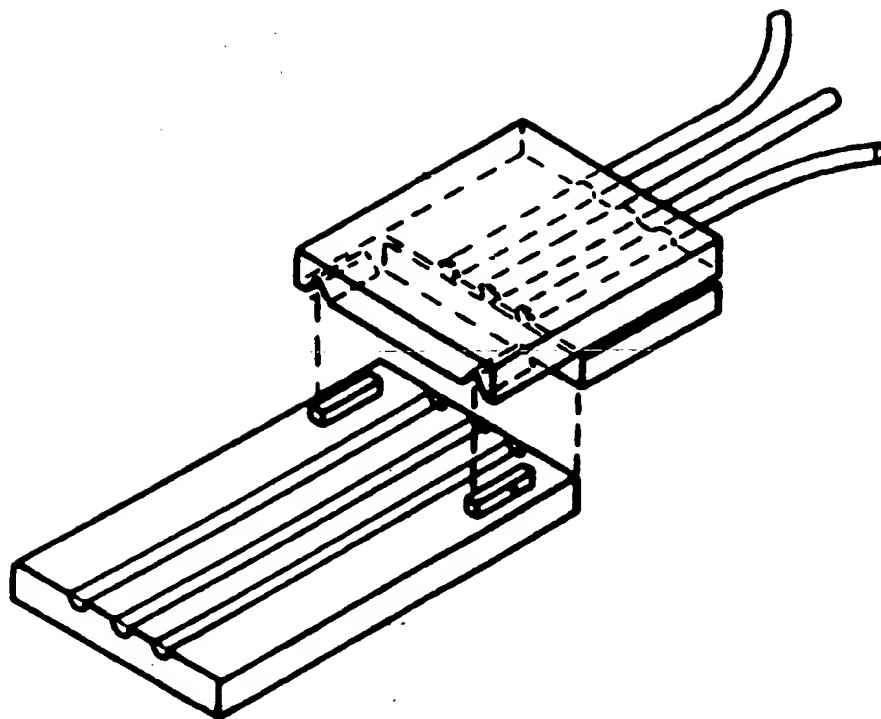
40

45

50

55

8



ART ANTERIEUR
FIG. 1

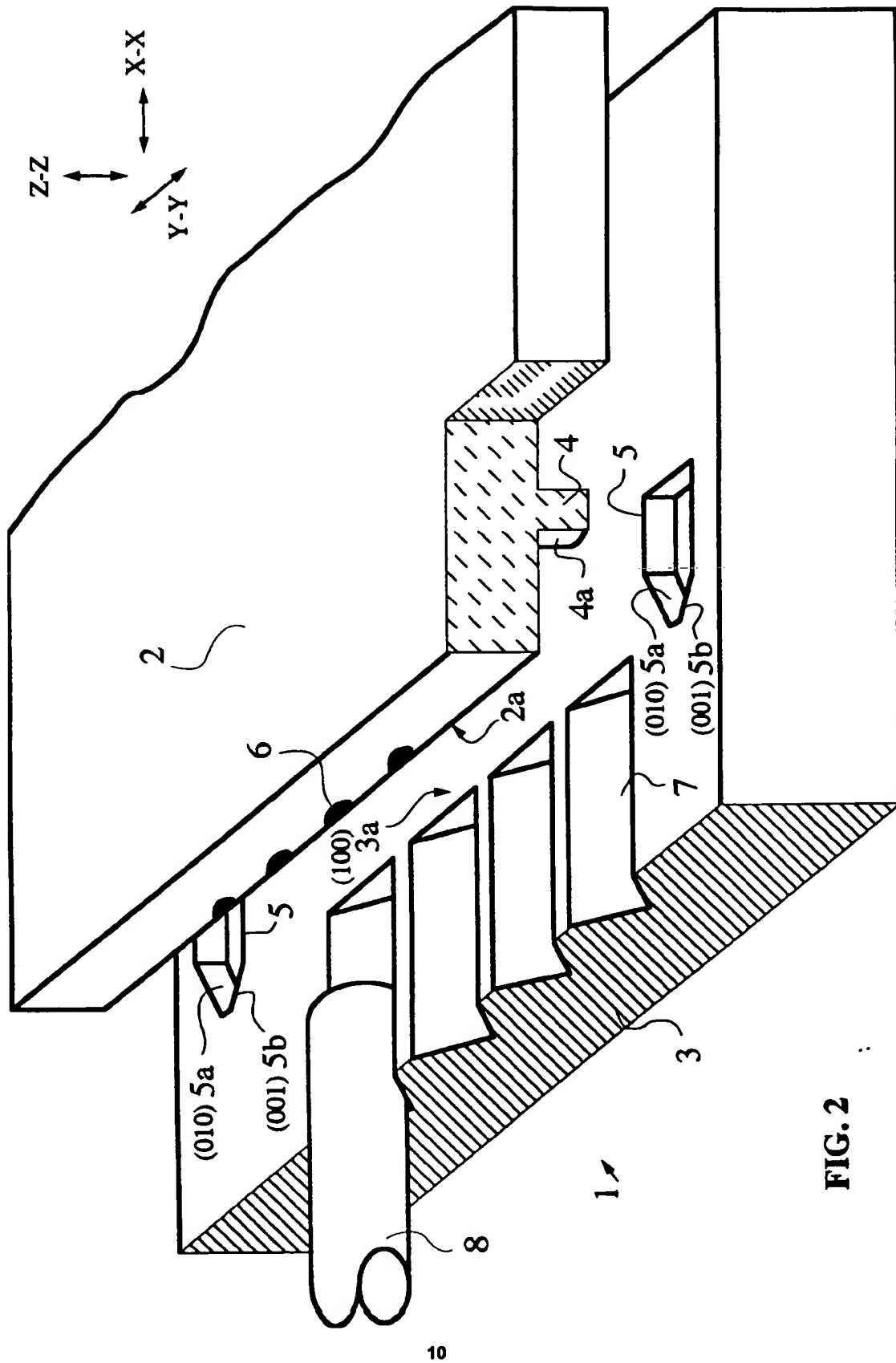


FIG. 2

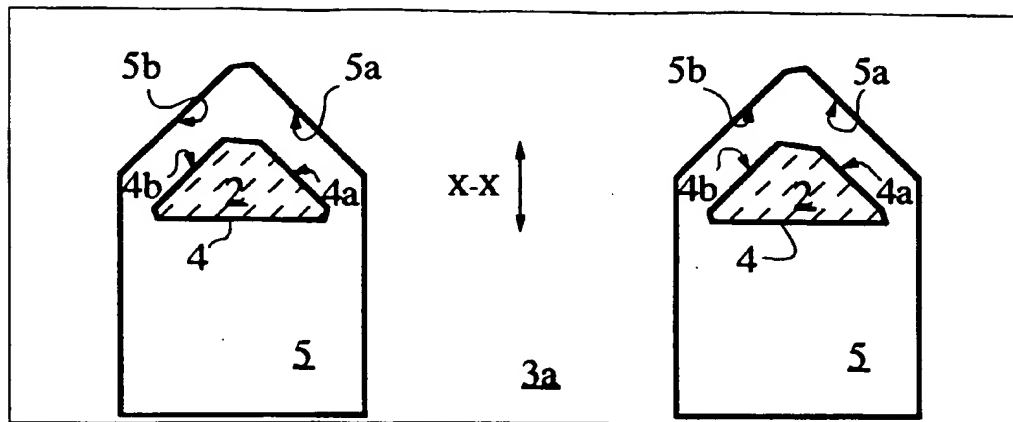


FIG. 3.a

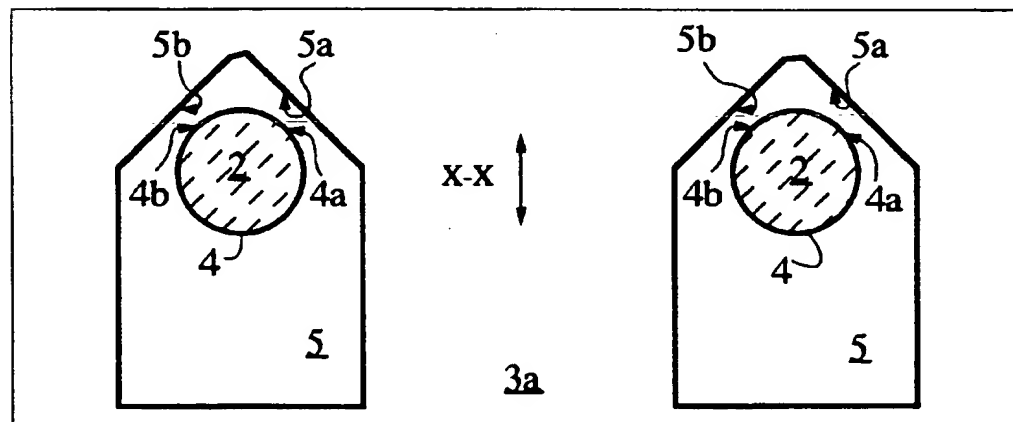


FIG. 3.b

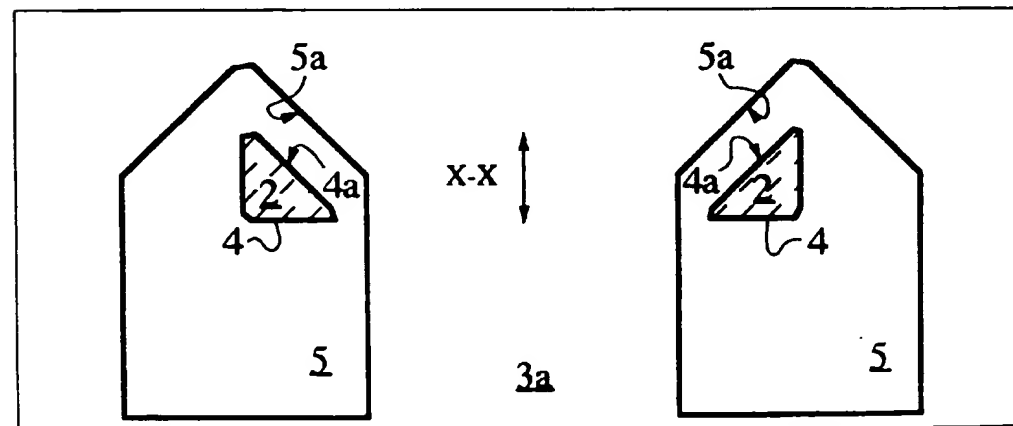


FIG. 3.c



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 81 0692

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	EP-A-0 419 767 (SIEMENS) * Le document en entier *	1,3-5,7,8	G 02 B 6/30 G 02 B 6/42
A	GB-A-2 219 414 (GENERAL ELECTRIC CO.) * Pages 6-9; revendications; figures 1-3 *	1,2,5,6	
A	US-A-4 079 404 (L.D. COMERFORD et al.) * Le document en entier *	1,5	
A	WO-A-9 113 378 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) * Page 4, lignes 1-28; revendications; figure 3 *	1,5	
A	PROCEEDINGS OF THE IEEE, vol. 70, no. 5, mai 1982, pages 420-457, New York, US; K.E. PETERSON: "Silicon as a mechanical material" * Page 423, colonne 2, lignes 29-62; figures 4-7; pages 424-425; page 426 colonne 1, lignes 1-57 *	3,4,7,8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
A,D	PROCEEDINGS OF THE SPIE, vol. 803, avril 1987, pages 72-79, Den Haag, NL; D. MÜNCHMEYER et al.: "Accuracy limits and potential applications of the LIGA technique in integrated optics" * Pages 72-75; figures 1,3; page 78, lignes 11-14 *	1,5	G 02 B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 17-12-1992	Examineur MATHYSSEK K
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention F : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons A : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1500 (3.82) (P0602)